

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-162211

(43)Date of publication of application : 07.06.2002

(51)Int.Cl.

G01B 11/16

G01L 1/24

H02G 1/02

H02G 1/06

H02G 9/00

(21)Application number : 2000-356084

(71)Applicant : MITSUBISHI HEAVY IND LTD

(22)Date of filing : 22.11.2000

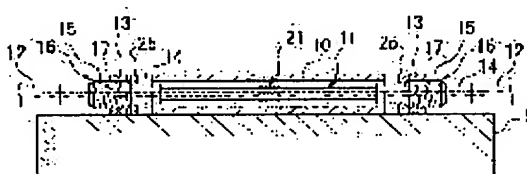
(72)Inventor : KONDO AKIO  
AIBA MITSURU  
ITO HIROMASA

## (54) STRAIN MEASURING DEVICE AND ITS INSTALLING METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To enable the measurement of a highly accurate strain by very easily and highly accurately attaching an optical fiber for a sensor having a plug greeting part on a curved object to be measured.

SOLUTION: The optical fiber for the sensor 11 having an FBG part 21 reflecting light from a light source is previously inserted in a cylindrical protection tube 10 having flexibility. A screw part 16 is provided on both the ends of the optical fiber for the sensor 11. The protection tube 10 is adhered and fixed on the surface of the object S to be measured, and the screw part 16 is screwed on a support part 13. The optical fiber for the sensor 11 is expanded and contracted by rotating the optical fiber for the sensor 11, in a state that it is tightened by prescribed tension, a gap is opened to support it along the object S to be measured.



10 : 保護チューブ	16 : ねじ部
11 : 光ファイバセンサ	17 : ねじ
12 : プラググティング部	21 : FBG部
13 : 支持部	S : 被測定物
15 : ねじ	

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-162211

(P2002-162211A)

(43)公開日 平成14年6月7日(2002.6.7)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	キーワード(参考)
G 0 1 B 11/16		G 0 1 B 11/16	Z 2 F 0 6 5
G 0 1 L 1/24		G 0 1 L 1/24	A 5 G 3 6 9
H 0 2 G 1/02	3 2 3	H 0 2 G 1/02	3 2 3 D
1/06		1/06	Q
9/00		9/00	D
審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全 10 頁)			

(21)出願番号 特願2000-356084(P2000-356084)

(22)出願日 平成12年11月22日(2000.11.22)

(71)出願人 000006208

三菱重工業株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目5番1号

(72)発明者 近藤 明生

神奈川県横浜市金沢区幸浦一丁目8番地1

三菱重工業株式会社横浜研究所内

(72)発明者 相場 充

神奈川県横浜市金沢区幸浦一丁目8番地1

三菱重工業株式会社横浜研究所内

(74)代理人 100117737

弁理士 藤田 孝晴 (外3名)

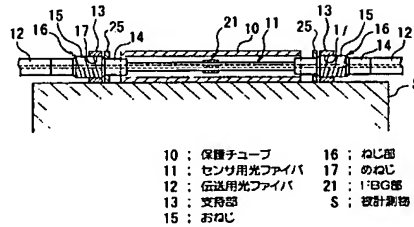
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 歪み計測装置及びその設置方法

(57)【要約】

【課題】 湾曲した被計測物にも、極めて容易にかつ高精度にブラッググレーティング部を有するセンサ用光ファイバを取り付けて高精度な歪みの計測を可能とする。

【解決手段】 光源からの光を反射するFBG部21を有するセンサ用光ファイバ11を、可撓性を有する筒状の保護チューブ10に予め挿通させる。センサ用光ファイバ11の両端にねじ部16を設ける。被計測物Sの表面に、保護チューブ10を接着固定するとともに、ねじ部16を支持部13に螺合させる。センサ用光ファイバ11を回転させることにより、センサ用光ファイバ11を伸縮させて所定張力にて緊張させた状態に、被計測物Sに沿って隙間をあけて支持させる。



10 : 保護チューブ 16 : ねじ部  
11 : センサ用光ファイバ 17 : のねじ  
12 : 伝送用光ファイバ 21 : FBG部  
13 : 支持部 S : 被計測物  
15 : おねじ

【特許請求の範囲】

【請求項1】 光源と、被計測物に沿って隙間をあけて配設されて前記光源からの光の伸縮率に応じた特定波長の光を反射するブラッググリーティング部を有するセンサ用光ファイバと、該センサ用光ファイバの前記ブラッググリーティング部にて反射した光から、前記センサ用光ファイバの伸縮を検出する計測器とを有し、前記センサ用光ファイバの伸縮の検出結果に基づいて前記被計測物の歪みを計測する歪み計測装置であって、前記センサ用光ファイバは、その両端が前記被計測物に固定された支持部に支持され、前記ブラッググリーティング部を含む中間部は、前記被計測物に固定された可撓性を有する筒状の保護チューブに挿通されていることを特徴とする歪み計測装置。

【請求項2】 前記保護チューブは樹脂から形成されていることを特徴とする請求項1記載の歪み計測装置。

【請求項3】 前記保護チューブは前記被計測物に接着材によって接着固定されていることを特徴とする請求項1または請求項2記載の歪み計測装置。

【請求項4】 複数の前記被計測物にそれぞれ支持された複数の前記センサ用光ファイバを伝送用光ファイバによって接続した歪み計測用光ファイバが前記計測器に接続され、該計測器によって前記歪み計測用光ファイバの前記センサ用光ファイバの伸縮がそれぞれ検出されて前記被計測物の歪みの計測が行われることを特徴とする請求項1～3のいずれか1項記載の歪み計測装置。

【請求項5】 前記センサ用光ファイバには、その両端に、おねじを有するねじ部が設けられ、前記被計測物に固定された前記支持部は、前記ねじ部が螺合されるめねじを有し、前記ねじ部を前記支持部に螺合させることにより、前記センサ用光ファイバが前記被計測物に沿って配設され、互いに螺合する前記ねじ部のおねじと前記支持部のめねじとは、前記センサ用光ファイバの両端にて互いに逆ねじとされていることを特徴とする請求項1～4のいずれか1項記載の歪み計測装置。

【請求項6】 光源と、被計測物に沿って隙間をあけて配設されて前記光源からの光の伸縮率に応じた特定波長の光を反射するブラッググリーティング部を有するセンサ用光ファイバと、該センサ用光ファイバの前記ブラッググリーティング部にて反射した光から、前記センサ用光ファイバの伸縮を検出する計測器とを有し、前記センサ用光ファイバの伸縮の検出結果に基づいて前記被計測物の歪みを計測する歪み計測装置の設置方法であって、前記センサ用光ファイバを、可撓性を有する筒状の保護チューブに予め挿通させて、前記ブラッググリーティング部を含む中間部の外周に前記保護チューブを被せておき、この保護チューブを前記被計測物に固定するとともに、前記センサ用光ファイバの両端部を前記被計測物に支持

させて前記被計測物に沿って隙間をあけて配設させることを特徴とする歪み計測装置の設置方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光ファイバによって各種構造物の歪みや地盤等の変位を検出する際に使用される歪み計測装置及びその設置方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来より、土砂や岩盤の崩落などの危険を回避するために、監視員が巡回して状況の把握を行うことがおこなわれている。しかしながら、このような監視員の巡回による監視は、極めて効率が悪いばかりか正確性に欠けるため、歪みゲージによって地盤変動を検出して、その状況を把握することが行われており、この技術は、例えば、鉄橋などの鉄鋼構造物やビルディングなどの建築物の歪みの検出にも用いられ、これらの不具合を事前に把握することが行われている。

【0003】ところが、歪みゲージは、局部的な歪みの検出しか行うことができず、したがって、長尺な構造物などには適さなかった。このため、近年では、光ファイバを用い、この光ファイバの伸縮率に対応する反射光の波長の変化を検出して歪みを計測する歪み計測装置が開発されつつある。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】ところで、この種の光ファイバを用いた歪み計測装置は、そのセンサである光ファイバを被計測物に沿って所定緊張力にて緊張させて取り付けることにより被計測物の歪みを計測することができるものであるが、被計測物が例えばU字状あるいはS字状に湾曲した複雑な形状を有している場合、この被計測物に沿って精度良く光ファイバを配設することができず、高精度な歪み計測ができないという問題があった。

【0005】しかも、光ファイバを被計測物に沿って所定緊張力にて緊張させた状態にて取り付けの取り付け作業は極めて煩雑であり、特に、多数の設置箇所へ設置する場合には、その設置作業に多大な労力及び時間を要するという問題があり、さらには、設置後における光ファイバの緊張状態を容易に調整することも要求されているのが現状であった。

【0006】この発明は、上記事情に鑑みてなされたもので、湾曲した被計測物にも、極めて容易にかつ精度良く取り付け高精度に歪みを計測することができ、また、被計測物が多数であっても容易に設置して良好な計測を行うことができ、さらには、容易に緊張状態を調整することが可能でしかも低コストな歪み計測装置及びその設置方法を提供することを目的としている。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため

に、請求項1記載の歪み計測装置は、光源と、被計測物に沿って隙間をあけて配設されて前記光源からの光の伸縮率に応じた特定波長の光を反射するブラッググリーティング部を有するセンサ用光ファイバと、該センサ用光ファイバの前記ブラッググリーティング部に反射した光から、前記センサ用光ファイバの伸縮を検出する計測器とを有し、前記センサ用光ファイバの伸縮の検出結果に基づいて前記被計測物の歪みを計測する歪み計測装置であって、前記センサ用光ファイバの両端が前記被計測物に固定された支持部に支持され、前記ブラッググリーティング部を含む中間部は、前記被計測物に固定された可撓性を有する筒状の保護チューブに挿通されていることを特徴としている。

【0008】つまり、センサ用光ファイバのブラッググリーティング部を含む中間部が保護チューブによって覆われた構造であるので、歪みを検出するブラッググリーティング部を確実に保護することができる。さらに、可撓性を有する保護チューブを、被計測物に固定させたので、この保護チューブを被計測物の形状にならって配設することができ、これにより、この保護チューブに挿通させたセンサ用光ファイバを精度良く被計測物に沿って配設することができる。つまり、被計測物の表面がU字状やS字状に湾曲しているような場合であっても、センサ用光ファイバが、被計測物の歪みの計測面である表面に固定された保護チューブの孔に沿って配設されるので、このセンサ用光ファイバを、被計測物の計測面に沿って配設させた状態に支持させることができ、良好な計測結果を得ることができる。

【0009】請求項2記載の歪み計測装置は、請求項1記載の歪み計測装置において、前記保護チューブは樹脂から形成されていることを特徴としている。

【0010】すなわち、保護チューブが樹脂から形成されているので、この保護チューブを被計測物へ沿って固定する場合に、その形状にならって容易に変形させて固定させることができる。しかも、保護チューブに挿通されたセンサ用光ファイバとの摺動による損傷も抑えることができる。

【0011】請求項3記載の歪み計測装置は、請求項1または請求項2記載の歪み計測装置において、前記保護チューブは前記被計測物に接着材によって接着固定されていることを特徴としている。

【0012】つまり、保護チューブを被計測物へ接着材によって接着しているため、ねじ止め固定等による固定手段と比較して、その固定作業にかかる労力を大幅に低減させることができる。

【0013】請求項4記載の歪み計測装置は、請求項1～3のいずれか1項記載の歪み計測装置において、複数の前記被計測物にそれぞれ支持された複数の前記センサ用光ファイバを伝送用光ファイバによって接続した歪み計測用光ファイバが前記計測器に接続され、該計測器に

よって前記歪み計測用光ファイバの前記センサ用光ファイバの伸縮がそれぞれ検出されて前記被計測物の歪みの計測が行われることを特徴としている。

【0014】このように、複数のセンサ用光ファイバが伝送用光ファイバによって接続されて一本とされた歪み計測用光ファイバを用いるので、それぞれのセンサ用光ファイバのブラッググリーティング部における反射光の波長を異ならせておくことにより、一本の歪み計測用光ファイバによって多数の被計測物の歪みを計測することができ、特に、長距離にわたって多数配設された被計測物の歪みの計測に有利である。

【0015】請求項5記載の歪み計測装置は、請求項1～4のいずれか1項記載の歪み計測装置において、前記センサ用光ファイバの両端に、おねじを有するねじ部が設けられ、前記被計測物に固定された前記支持部は、前記ねじ部が螺合されるめねじを有し、前記ねじ部を前記支持部に螺合させることにより、前記センサ用光ファイバが前記被計測物に沿って配設され、互いに螺合する前記ねじ部のおねじと前記支持部のめねじとは、前記センサ用光ファイバの両端にて互いに逆ねじとされていることを特徴としている。

【0016】つまり、ブラッググリーティング部を有するセンサ用光ファイバの両端のねじ部を被計測物に固定した支持部に螺合させることにより、極めて容易にセンサ用光ファイバを被計測物に沿って隙間をあけた状態に支持させることができ、しかも、ねじ部のおねじと支持部のめねじとが両端にて逆ねじとされているので、センサ用光ファイバを回転させることにより、センサ用光ファイバを、極めて容易に被計測物に支持させた状態にて捻ることなく伸縮させて、その張力を調整することができる。これにより、被計測物が多数であったとしても、容易にかつ短時間にて、センサ用光ファイバを所定張力にて被計測物に支持することができる。

【0017】請求項6記載の歪み計測装置の設置方法は、光源と、被計測物に沿って隙間をあけて配設されて前記光源からの光の伸縮率に応じた特定波長の光を反射するブラッググリーティング部を有するセンサ用光ファイバと、該センサ用光ファイバの前記ブラッググリーティング部に反射した光から、前記センサ用光ファイバの伸縮を検出する計測器とを有し、前記センサ用光ファイバの伸縮の検出結果に基づいて前記被計測物の歪みを計測する歪み計測装置の設置方法であって、前記センサ用光ファイバを、可撓性を有する筒状の保護チューブに予め挿通させて、前記ブラッググリーティング部を含む中間部の外周に前記保護チューブを被せておき、この保護チューブを前記被計測物に固定するとともに、前記センサ用光ファイバの両端部を前記被計測物に支持させて前記被計測物に沿って隙間をあけて配設させることを特徴としている。

【0018】このように、センサ用光ファイバのブラッ

ググリーティング部を含む中間部を、可視性を有する筒状の保護チューブに予め挿通させておくので、このセンサ用光ファイバを確実に保護することができ、特に、運搬、設置時における損傷を確実に防止することができ、しかも、可視性を有する保護チューブを、被計測物に固定させてセンサ用光ファイバの両端を被計測物に支持させるので、被計測物の表面がU字状やS字状に湾曲しているような場合であっても、センサ用光ファイバを、被計測物の歪みの計測面である表面に固定した保護チューブの内周面によって、被計測物の計測面に沿って配設させた状態に支持させることができ、良好な計測結果を得ることができる。

【0019】

【発明の実施の形態】以下、本発明の歪み計測装置及びその設置方法の実施形態例を、図面を参照して説明する。図1において、符号1は、本実施形態例の歪み計測装置である。この歪み計測装置1は、複数本の歪み計測用光ファイバ2を有しており、これら歪み計測用光ファイバ2が、光チャンネルセレクトラ3に接続されている。この光チャンネルセレクトラ3には、サーキュレータ4を介して、光源5及び多波長計（計測器）6が接続されている。

【0020】光源5からの計測光は、サーキュレータ4を介して光チャンネルセレクトラ3へ送られ、複数の歪み計測用光ファイバ2のうちの光チャンネルセレクトラ3によって選択された歪み計測用光ファイバ2に送られるようになっている。そして、この計測光が送られた歪み計測用光ファイバ2からの反射光は、光チャンネルセレクトラ3からサーキュレータ4を介して多波長計6に送られるようになっている。

【0021】次に、歪み計測用光ファイバ2について説明する。図2に示すように、歪み計測用光ファイバ2は、複数のセンサ用光ファイバ11を有しており、これらセンサ用光ファイバ11同士及びセンサ用光ファイバ11と光チャンネルセレクトラ3との間は、伝送用光ファイバ12によって連結されている。

【0022】これらセンサ用光ファイバ11は、被計測物Sに取り付けられたもので、これら被計測物Sの歪みを計測するものである。図3及び図4に示すように、被計測物Sには、間隔をあけて設置された一対の支持部13が設けられており、これら支持部13に、歪み計測用光ファイバ2のセンサ用光ファイバ11が被計測物Sに沿って隙間をあけた状態に支持されている。

【0023】このセンサ用光ファイバ11は、例えば、ポリイミドやテフロン（登録商標）などの樹脂から形成された可視性を有する筒状の保護チューブ10に挿通されている。そして、この保護チューブ10は、被計測物Sの表面に、接着材によって接着固定されている。なお、保護チューブ10としては、可視性を有する金属製材料から形成されたものでも使用可能である。

【0024】図5にも示すように、センサ用光ファイバ11は、その両端に、被覆材12aによって被覆された伝送用光ファイバ12が融着されて接続され、一本の歪み計測用光ファイバ2とされており、この融着部14には、その外周に、おねじ15が形成されたねじ部16が設けられている。そして、このセンサ用光ファイバ11は、そのおねじ15が形成されたねじ部16が、被計測物Sに設けられた支持部13のめねじ17にねじ込まれて支持されている。

【0025】ここで、このセンサ用光ファイバ11の両端のねじ部16のおねじ15及び支持部13のめねじ17は、互いに逆ねじとされている。つまり、センサ用光ファイバ11を回転させることにより、両端のねじ部16の支持部13へのねじ込み量に変化させて、センサ用光ファイバ11を捻ることなく伸縮させることができるようになっている。

【0026】図6に示すように、支持部13は、被計測物Sに固定されたベース支持部13aと、このベース支持部13aの上部にネジ13cによって固定されるカバー支持部13bとから構成されており、ベース支持部13aのめねじ17にねじ部16を配設した状態にてカバー支持部13bを被せてネジ13cによって固定して一体化することにより、ねじ部16が支持部13のめねじ17に螺合された状態に支持されるようになっている。

【0027】センサ用光ファイバ11は、その中間部に、ファイバブラッググレーティング部（以下、FBG部という）21を有している。このFBG部21は、光をブラッグ回折させて反射させるもので、図7に示すように、クラッド11aの中心に形成されたコア11bには、側方からレーザー光線を照射して屈折率を変化させるレーザ照射法などの加工方法によって他の部分に対して屈折率が異なる複数の反射板部22が形成されている。

【0028】つまり、このFBG部21に光が入射すると、その光の一部がFBG部21の各反射板部22にて反射し、互いに干渉して強め合い、比較的大きな反射光として戻されるようになっている。

【0029】そして、このFBG部21が、伸縮されると、反射板部22同士の間隔が変化し、これにともない、互いに干渉して戻される反射光の波長も変化する事となる。すなわち、このFBG部21からの反射光の波長の変化を検出することにより、センサ用光ファイバ11の伸縮量を割り出し、このセンサ用光ファイバ11が設けられた被計測物Sの歪みが求められるようになっている。

【0030】なお、各歪み計測用光ファイバ2に設けられた各センサ用光ファイバ11には、それぞれ異なる所定の張力が予め付与されており、これにより、各センサ用光ファイバ11における反射光の波長が重ならないようにされ、各歪み計測用光ファイバ2における各センサ

用光ファイバ11の反射光をそれぞれ特定することができるようになっている。つまり、図8及び図9に示すように、計測可能な光の波長の範囲である計測可能波長範囲Ws（図8参照）内において、センサ用光ファイバ11からの反射光の被計測物Sの歪みによる変動を含めた波長の範囲である反射波長範囲Wb（図9参照）同士が、互いに重なることのないようにされている。

【0031】また、上記構造のFBG部21を有するセンサ用光ファイバ11は、その外周側が紫外線硬化性樹脂からなる被覆23によって覆われている。さらに、このセンサ用光ファイバ11には、FBG部21の形成部分における被覆23の外周側に、プラスチックなどの樹脂からなるチューブ状の補強材24が接合固定され、この補強材24によってFBG部21部分の硬度が高められ、他の部分よりも相対的に弾性率が低くされている。

【0032】次に、上記の歪み計測用光ファイバ2のセンサ用光ファイバ11を被計測物Sに支持させる場合について説明する。まず、センサ用光ファイバ11（図10参照）を、予め保護チューブ10に挿通させておく（図11参照）。

【0033】次いで、このセンサ用光ファイバ11の接着部14にねじ部16を取り付ける（図12参照）。なお、ねじ部16には、保護チューブ10側に、ストップ25が設けられており、これにより、このストップ25によって保護チューブ10の開口端部が閉鎖されて、保護チューブ10内への異物等の侵入が防がれ、センサ用光ファイバ11が確実に保護されるようになっている。

【0034】一方、被計測物Sには、支持部13を構成するベース支持部13aを固定しておく（図13参照）。被計測物Sに固定したベース支持部13aに、センサ用光ファイバ11の両端のねじ部16を配設し（図14参照）、この状態において、カバー支持部13bを被せてネジ13cによって固定して支持部13を一体化し、ねじ部16を、支持部13のめねじ17に螺合させて、センサ用光ファイバ11を被計測物Sに沿って支持させる（図15参照）。また、センサ用光ファイバ11を挿通させた保護チューブ10を、被計測物Sの表面に接着材によって接着固定する。

【0035】保護チューブ10を被計測物Sに接着固定する接着材が硬化したら、センサ用光ファイバ11を回転させて、センサ用光ファイバ11を所定の張力にて伸張させる（図16参照）。

【0036】ここで、このセンサ用光ファイバ11の両端のねじ部16のおねじ15及び支持部13のめねじ17は、互いに逆ねじとされているので、センサ用光ファイバ11を回転させることにより、両端のねじ部16の支持部13へのねじ込み量が増加されて、センサ用光ファイバ11を捻ることなく伸張される。

【0037】上記作業を行うことにより、センサ用光ファイバ11を、容易に被計測物Sに沿って隙間をあけて

支持させて歪みの計測が可能な状態とすることができ、なお、上記のように被計測物Sへセンサ用光ファイバ11を設置した後は、必要に応じて、センサ用光ファイバ11を含んだ被計測物Sの上部を、防水カバー26によって覆って防水処理を施す（図17参照）。

【0038】そして、上記構造の歪み計測装置1によれば、光源5から出される計測光は、サーキュレータ4を介して光チャネルセレクト3に送られ、この光チャネルセレクト3によって選択された歪み計測用光ファイバ2へ送られる。この計測光が送り込まれた歪み計測用光ファイバ2では、被計測物Sに支持されたセンサ用光ファイバ11のFBG部21にて反射され、反射光として戻される。

【0039】そして、これらセンサ用光ファイバ11のFBG部21にて反射された反射光は、サーキュレータ4にて向きが変えられて多波長計6へ送られ、この多波長計6にて各センサ用光ファイバ11からの反射光が検出され、その状態が表示される。

【0040】つまり、この多波長計6にて検出された各センサ用光ファイバ11の反射光の波長の変動から、各センサ用光ファイバ11が支持された被計測物Sの歪みを検出することができる。また、光チャネルセレクト3では、歪み計測用光ファイバ2が順に選択されて接続され、これにより、これら複数の歪み計測用光ファイバ2における被計測物Sの歪みが常時監視される。

【0041】また、センサ用光ファイバ11において、FBG部21は、その外周側に設けられた補強材24によって、他の部分と比較して相対的に弾性率が低くされて伸縮が抑えられているので、被計測物Sの歪みに伴うFBG部21での伸縮量が小さくされて、このFBG部21からの反射光の変動の範囲が小さくされ、したがって、計測可能な光の波長の範囲である計測可能波長範囲Ws内において、より多くの反射波長範囲Wbを設けることができ、これにより、1本の歪み計測用光ファイバ2に設置可能なセンサ用光ファイバ11の設置量を大幅に増加させることができる。

【0042】これにより、特に、多量の被計測物Sの歪みを計測する場合にも、大量の歪み計測用光ファイバ2を用意する必要がなくなり、大幅なコスト低減を図ることができるとともに、歪み計測用光ファイバ2の配設作業の容易化を図ることができる。また、1本の歪み計測用光ファイバ2に多くのセンサ用光ファイバ11を設けることができるので、特に、長距離にわたって設けられた多量の被計測物Sの歪みの計測に有利である。

【0043】このように、上記の歪み計測装置1によれば、センサ用光ファイバ11のFBG部21を含む中間部が保護チューブ10によって覆われた構造であるので、歪みを検出するFBG部21を保護チューブ10によって確実に保護することができる。さらに、可視性を有する保護チューブ10を、被計測物Sに固定させたの

で、この保護チューブ10を被計測物Sの形状にならって配設することができ、これにより、この保護チューブ10に挿通させたセンサ用光ファイバ11を精度良く被計測物Sに沿って配設することができる。

【0044】つまり、図18に示すように、被計測物Sの表面が湾曲しているような場合であっても、センサ用光ファイバ11が、被計測物Sの重みの計測面である表面に接着固定された保護チューブ10の孔に沿って伸張された状態に支持されるので、このセンサ用光ファイバ11を、被計測物Sの計測面に沿って配設させた状態に支持させることができる。

【0045】また、保護チューブ10を樹脂から形成することにより、この保護チューブ10を被計測物Sへ沿って固定する場合に、その形状にならって容易に変形させて固定させることができる。しかも、保護チューブ10に挿通されたセンサ用光ファイバ11との撓動による損傷も抑えることができる。

【0046】さらには、保護チューブ10を被計測物Sへ接着材によって接着した構造であるので、ねじ止め固定等による固定手段と比較して、その固定作業にかかる労力を大幅に低減させることができる。

【0047】また、複数のセンサ用光ファイバ11が伝送用光ファイバ12によって接続されて一本とされた重み計測用光ファイバ2を用いるので、それぞれのセンサ用光ファイバ11のFBG部21における反射光の波長を異ならせておくことにより、一本の重み計測用光ファイバ2によって多数の被計測物Sの重みを計測することができ、特に、長距離にわたって多数配設された被計測物Sの重みの計測に有利である。

【0048】さらに、FBG部21を有するセンサ用光ファイバ11の両端のねじ部16を被計測物Sに固定した支持部13に螺合させることにより、極めて容易にセンサ用光ファイバ11を被計測物Sに沿って隙間をあけた状態に支持させることができ、しかも、ねじ部16のおねじ15と支持部13のおねじ17とが両端にて逆ねじとされているので、センサ用光ファイバ11を回動させることにより、センサ用光ファイバ11を、極めて容易に被計測物Sに支持させた状態にて捻ることなく伸縮させて、その張力を調整することができる。

【0049】これにより、被計測物Sが多数であったとしても、容易にかつ短時間にて、センサ用光ファイバ11を所定張力にて被計測物に支持することができる。

【0050】そして、上記重み計測装置1の設置方法によれば、センサ用光ファイバ11のFBG部21を含む中間部を、可撓性を有する筒状の保護チューブ10に予め挿通させておくので、このセンサ用光ファイバ11を保護チューブ10によって確実に保護することができ、特に、運搬、設置時における損傷を確実に防止することができる。

【0051】しかも、可撓性を有する保護チューブ10

を、被計測物Sに固定させてセンサ用光ファイバ11の両端を被計測物Sに支持させるので、被計測物Sの表面が湾曲しているような場合であっても、センサ用光ファイバ11を、被計測物Sの重みの計測面である表面に固定した保護チューブ10の内周面によって、被計測物Sの計測面に沿って配設させた状態に支持させることができ、良好な計測結果を得ることができる。

【0052】なお、上記の重み計測装置1は、重みを計測するあらゆる物に適用することができ、例えば、鉄橋等の鉄鋼構造物やビルディング等の建築物は勿論のこと、地盤内の重みを計測して地盤沈下等の地殻変動を監視する場合、あるいは飛行機の主翼や胴体等の重みを計測する場合にも用いることができる。

【0053】

【発明の効果】以上、説明したように、本発明の重み計測装置及びその設置方法によれば、下記の効果を得ることができる。請求項1記載の重み計測装置によれば、センサ用光ファイバのブラッググリーティング部を含む中間部が保護チューブによって覆われた構造であるので、重みを検出するブラッググリーティング部を保護チューブによって確実に保護することができる。さらに、可撓性を有する保護チューブを、被計測物に固定させたので、この保護チューブを被計測物の形状にならって配設することができ、これにより、この保護チューブに挿通させたセンサ用光ファイバを精度良く被計測物に沿って配設することができる。つまり、被計測物の表面がU字状やS字状に湾曲しているような場合であっても、センサ用光ファイバが、被計測物の重みの計測面である表面に固定された保護チューブの孔に沿って配設されるので、このセンサ用光ファイバを、被計測物の計測面に沿って配設させた状態に支持させることができ、良好な計測結果を得ることができる。

【0054】請求項2記載の重み計測装置によれば、保護チューブが樹脂から形成されているので、この保護チューブを被計測物へ沿って固定する場合に、その形状にならって容易に変形させて固定させることができる。しかも、保護チューブに挿通されたセンサ用光ファイバとの撓動による損傷も抑えることができる。

【0055】請求項3記載の重み計測装置によれば、保護チューブを被計測物へ接着材によって接着しているので、ねじ止め固定等による固定手段と比較して、その固定作業にかかる労力を大幅に低減させることができる。

【0056】請求項4記載の重み計測装置によれば、複数のセンサ用光ファイバが伝送用光ファイバによって接続されて一本とされた重み計測用光ファイバを用いるので、それぞれのセンサ用光ファイバのブラッググリーティング部における反射光の波長を異ならせておくことにより、一本の重み計測用光ファイバによって多数の被計測物の重みを計測することができ、特に、長距離にわたって多数配設された被計測物の重みの計測に有利であ

る。

【0057】請求項5記載の重み計測装置によれば、ブラッググレーティング部を有するセンサ用光ファイバの両端のねじ部を被計測物に固定した支持部に螺合させることにより、極めて容易にセンサ用光ファイバを被計測物に沿って隙間をあけた状態に支持させることができ、しかも、ねじ部のおねじと支持部のめねじとが両端にて逆ねじとされているので、センサ用光ファイバを回転させることにより、センサ用光ファイバを、極めて容易に被計測物に支持させた状態にてゆることなく伸縮させて、その張力を調整することができる。これにより、被計測物が多数であったとしても、容易にかつ短時間にて、センサ用光ファイバを所定張力にて被計測物に支持させることができる。

【0058】請求項6記載の歪み計測装置の設置方法によれば、センサ用光ファイバのプラググリーティング部を含む中間部を、可撓性を有する筒状の保護チューブに予め挿通させておくので、このセンサ用光ファイバを保護チューブによって確実に保護することができ、特に、運搬、設置時における損傷を確実に防止することができる。しかも、可撓性を有する保護チューブを、被計測物に固定させてセンサ用光ファイバの両端を被計測物に支持させるので、被計測物の表面が湾曲しているような場合であっても、センサ用光ファイバを、被計測物の歪みの計測面である表面に固定した保護チューブの内周面によって、被計測物の計測面に沿って配設させた状態に支持させることができ、良好な計測結果を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施形態例の歪み計測装置及びその設置方法を説明する歪み計測装置の概略構成図である。

【図2】 本発明の実施形態例の歪み計測装置を構成する歪み計測用光ファイバを説明する概略図である。

【図3】 本発明の実施形態例の歪み計測装置の歪み計測用光ファイバのセンサ用光ファイバの被計測物への取り付け状態を説明する平面図である。

【図４】 本発明の実施形態例の歪み計測装置の歪み計測用光ファイバのセンサ用光ファイバの被計測物への取り付け状態を説明する側断面図である。

【図5】 本発明の実施形態例の歪み計測装置のセンサ用光ファイバの構造を説明する斜視図である。

【図6】 本発明の実施の形態例の歪み計測装置のセンサ用光ファイバを支持する支持部の構造を説明する斜視図である。

【図7】 本発明の実施の形態例の歪み計測装置のセンサ用光ファイバに設けられたFBG部の構造を説明する概略斜視図である。

【図8】 光ファイバを用いた歪み計測装置における反射光の分布を説明するグラフ図である。

【図9】 光ファイバを用いた歪み計測装置における反射光の分布を説明するグラフ図である。

【図10】 本発明の実施形態例の歪み計測装置の設置方法を説明するセンサ用光ファイバの側面図である。

【図11】 本発明の実施形態例の歪み計測装置の設置方法を説明するセンサ用光ファイバの側面図である。

【図12】 本発明の実施形態例の歪み計測装置の設置方法を説明するセンサ用光ファイバの側面図である。

【図13】 本発明の実施形態例の歪み計測装置の設置方法を説明する被計測物の側断面図である。

【図14】 本発明の実施形態例の歪み計測装置の設置方法を説明するセンサ用光ファイバが支持された被計測

【図15】 本発明の実施形態例の歪み計測装置の設置

方法を説明するセンサ用光ファイバが支持された被計測物の側断面図である。

【図16】 本発明の実施形態例の歪み計測装置の設置方法を説明するセンサ用光ファイバが支持された被計測物の側断面図である。

【図17】 本発明の実施形態例の歪み計測装置の設置方法を説明するセンサ用光ファイバが支持された被計測物の側断面図である。

【図18】 本発明の実施形態例の歪み計測装置の設置方法を説明するセンサ用光ファイバが支持された被計測物の側断面図である。

【符号の説明】

2 歪み計測用光ファイバ  
5 光源

6 多波長計(計測器)  
10 保護チューブ

11 センサ用光ファイバ  
12 伝送用光ファイバ

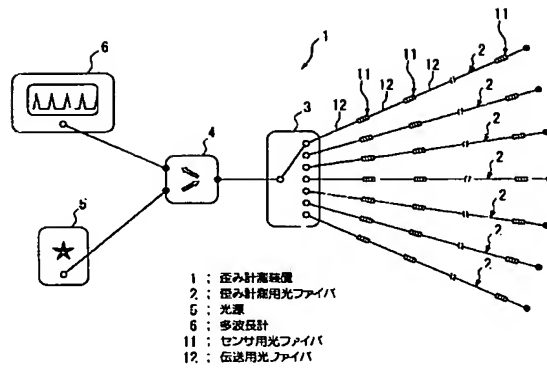
13 支持部  
15 おねじ

16 ねじ部  
17 めねじ

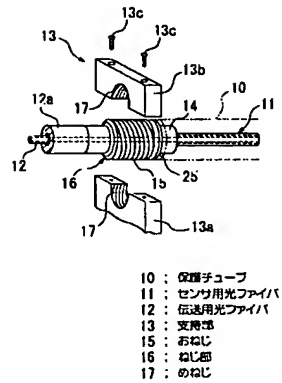
21 FBG部(ブラッググリーティング部)  
S 被計測物



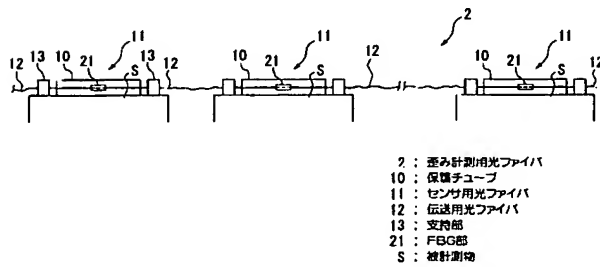
【図1】



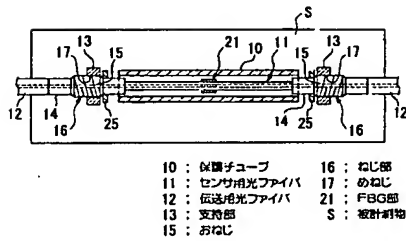
【図6】



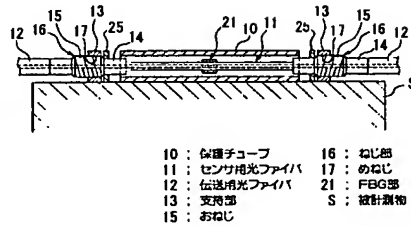
【図2】



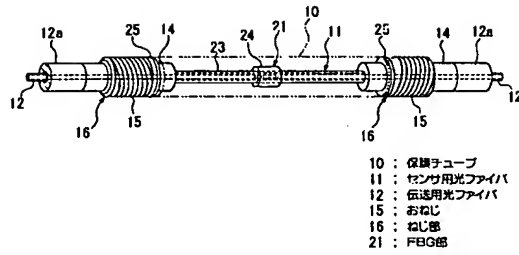
【図3】



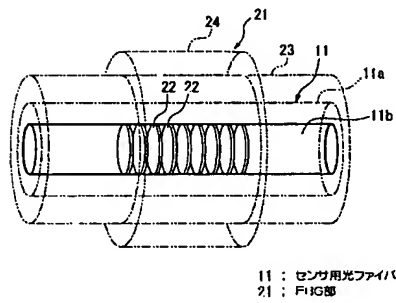
【図4】



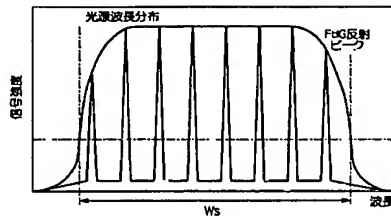
【図5】



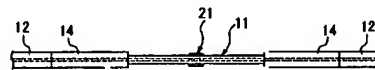
【図7】



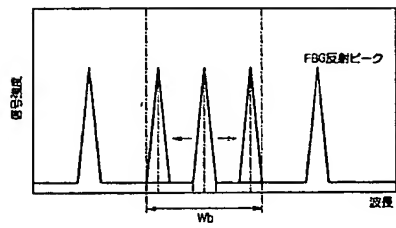
【図8】



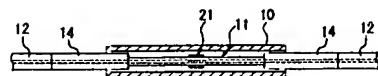
【図10】



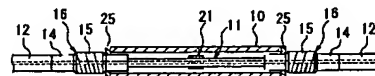
【図9】



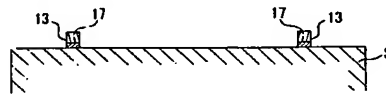
【図11】



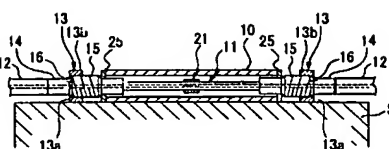
【図12】



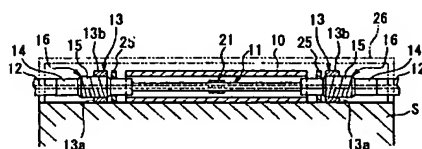
【図13】



【图15】



【图 17】



(72)発明者 伊藤 裕昌  
神奈川県横浜市中区錦町12番地 三菱重工  
業株式会社横浜製作所内

Fターム(参考) 2F065 AA65 BB22 CC23 DD16 FF42  
LL02  
5G369 AA16 BA01 BB03 DC02 EA01  
EA04